

⑥

Int. Cl.: G 01 n, 3/56

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑫

Deutsche Kl.: 42 k, 40

⑩

⑪

⑲

⑳

㉔

# Offenlegungsschrift 2 013 693

Aktenzeichen: P 20 13 693.0

Anmeldetag: 21. März 1970

Offenlegungstag: 14. Oktober 1971

Ausstellungspriorität: —

㉙

Unionspriorität

㉚

Datum: —

㉛

Land: —

㉜

Aktenzeichen: —

㉞

Bezeichnung: Vorrichtung zur Untersuchung der Erosionswirkung an Werkstoffen

㉟

Zusatz zu: —

㊱

Ausscheidung aus: —

㊲

Anmelder: Dornier SYSTEM GmbH, 7990 Friedrichshafen

Vertreter gem. § 16 PatG: —

㊴

Als Erfinder benannt: Berendt, Armin, Dipl.-Phys., 7779 Kluftern; Berenbrinck, Paul, 7759 Kippenhausen; Herbert, Werner, Dipl.-Ing., 7778 Markdorf

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): —

2013693

**DORNIER SYSTEM GMBH**  
**Friedrichshafen**

**S 110**

**Vorrichtung zur Untersuchung der  
Erosionswirkung an Werkstoffen**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Untersuchung der Erosionswirkung an Werkstoffen bei Einwirkung von mit hoher Geschwindigkeit aufprallenden Partikeln (z. B. Wassertropfen, Sand), bestehend aus einem die Probe tragenden rotierenden Arm.

In der Luftfahrt ist die Regenerosion mit den zunehmenden Fluggeschwindigkeiten ein ernsthaftes Problem geworden. Sie führt dazu, daß nach einer bestimmten Inkubationszeit Material abgetragen und - erodiert - wird. Dabei sind Vorderkanten von Tragflügeln, Radome, Infrarotfenster sowie die Flugzeugkanzel besonders gefährdet. Wegen ihrer hohen Geschwindigkeiten sind Raketen und Geschosse dieser Gefahr noch mehr ausgesetzt, da ein einzelner Tropfen schon genügt, um beispielsweise das Navigationssystem oder den Aufschlagzünder (Initialzündung) bei Geschossen außer Funktion zu setzen.

Der Verlauf der Zerstörung bei Regenerosion ist ähnlich wie an Dampf-Turbinenschaufeln und bei der Kavitation. Aktuell ist dieses Problem in letzter Zeit insbesondere an Dampfturbinen geworden, weil die letzten Stufen neuerer Turbinen zur besseren Dampfausnutzung weit im Naßbereich arbeiten und dadurch die Turbinenschaufeln wegen der hier vorhandenen relativ großen Wassertropfen des Naßdampfes der Wassererosion stärker ausgesetzt sind, als beim überhitzten trockenen Dampf, der wesentlich kleinere Dampf- bzw. Wassertropfen enthält.

Ähnliche Zerstörungen treten in Wüstengegenden auf. Hier wird durch aufgewirbelte und in der Luft schwebende Sandpartikel an schnell bewegten Objekten Material abgetragen (Sanderosion). Besonders gefährdet sind hier die Rotorblätter von Hubschraubern, Luftschraubenblätter von Flugzeugen sowie Verdichterschaulen von Strahltriebwerken.

Eine weitere Art der Zerstörung durch Verformung der Oberfläche von Werkstoffen wird von Mikrometeoriten (feinste staubförmige Partikel) verursacht, die mit hoher Geschwindigkeit auf Oberflächen treffen, die aus verschiedenen Materialien bestehen. Zum Beispiel sind Satelliten mit über längeren orbitalen Flugzeiten diesen Partikeln ausgesetzt und dadurch gefährdet. Die beim Aufprall der Mikrometeoriten verursachte mechanische Zerstörung der verschiedenen Materialoberflächen führt unter anderem zur Erblindung von Optiken, Deckgläser von Sonnenzellen und ungünstiger Beeinflussung von Temperaturflächen. Wichtige Kenndaten sind dadurch starken Schwankungen und Abweichungen ausgesetzt.

Derartige Zerstörungen von Werkstoffen können mit Hilfe eines rotierenden Armes simuliert und untersucht werden. Er besteht aus einem doppelseitigen Arm gleicher Festigkeit, der innerhalb eines Vakuumgefäßes gelagert ist und von außen durch einen drehzahlgesteuerten Motor angetrieben wird. Die Unterbringung des Armes im Vakuum ist erforderlich, um bei den hohen Umfangsgeschwindigkeiten der Arme die Luftreibung zu vermindern und dadurch den dabei entstehenden hohen Schalldrücken und der Wärmebildung entgegen zu wirken. Die zu untersuchenden Materialien werden dabei in Form von Proben an den sich in 180° gegenüberliegenden Armen befestigt. Anschließend wird der Arm auf eine hohe Drehzahl (bis 24 000 U/min) gebracht, wobei die an den Armen befestigten Proben eine Umfangsgeschwindigkeit bis Mach 3 (ca. 1000 m/sec) erreichen können. Während des

Umlaufs des Armes bzw. der an seinen Enden befindlichen Proben werden in die Probenbahn durch verschiedene Verfahren Flüssigkeits- oder Festkörperpartikel eingeführt, die beim Auftreffen auf die Proben deren Oberfläche zerstörend beeinflussen. Der zeitliche Verlauf der hierbei entstehenden Erosion bzw. Verformung wird bei bestimmten Umfangsgeschwindigkeiten ermittelt. Die Kenndaten der untersuchten Materialien ergeben sich dabei aus den Abtragungskurven.

Ein bekanntes Verfahren zur Einführung von flüssigen Partikeln in die Probenbahn sind z. B. Schleuder- und Prallplatten sowie Düsen. Bei der Schleuderplatte, die aus einer horizontal drehenden Scheibe besteht, strömt die Flüssigkeit (z.B. Wasser) zunächst in Richtung ihrer Rotationsachse. Durch die Zentrifugalkraft der rotierenden Scheibe wird das Wasser nach außen an den Scheibenrand geschleudert und fällt von dort durch die Schwerkraft, in Tropfen aufgelöst, in die Probenbahn. Bei der Prallplatte wird die Tropfenbildung dadurch erzielt, daß auf sie ein Wasserstrahl gedrückt wird, wobei sich ein Tropfenschleier in fein verteilter Form bildet. Die Erzeugung von Tropfen durch Düsen geschieht dadurch, daß beim Austritt des Wassers Luft mitgerissen wird, wodurch der Wasserstrahl in feine Tropfen zerstäubt. Bei den gleichfalls bekannten Verfahren bzw. Anordnungen der Einführung von Festkörperpartikel in die Probenbahn durch Verwendung von Gebläsen und Saugvorrichtungen in Verbindung mit Düsen ist der Vorgang ähnlich dem bei flüssigen. Hier wird anstelle des Tropfenstrahles ein Festkörperstrahl (z. B. Sandstrahl) in die Probenbahn geblasen oder gesaugt.

Der Nachteil der aufgeführten Verfahren bzw. Anordnungen besteht in der geringen Homogenität des Strahles bzw. Fächers und bei Flüssigkeiten, der Größe der in ihnen enthaltenen Tröpfchen. Außerdem besteht die Gefahr, daß diese Tröpfchen bzw. Partikel dadurch auf den Arm selbst treffen und diesen zerstören.

Ferner muß zur Erzielung des bereits erwähnten homogenen Fächers bzw. Strahles bei Verwendung von Festkörperpartikeln, insbesondere Sand, ein konstanter Durchsatz bzw. -fluß dieser Partikel gewährleistet sein. Da Sand in Düsen herkömmlicher Art zur Brückenbildung neigt, wirkt sich dies für die Homogenität des Strahles bzw. Fächers besonders nachteilig aus.

Aufgabe der Erfindung ist es, die den bisher bekannten Vorrichtungen bzw. Verfahren zur Prüfung von Werkstoffen durch Erosion und Oberflächenveränderung anhaftenden Nachteile zu beseitigen und den für die Zerstörung des Werkstoffes maßgebenden Fächer bzw. Strahl definiert in die Probenbahn einzubringen. Dieses Ziel wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß eine das Austreten der Partikel in Form eines fadenförmigen Strahles bewirkende Öffnung (Kanüle, Düse o.ä.) quer zur Bewegungsrichtung der Probe während des Betriebes ständig oszillierend angeordnet ist.

Der Vorteil gegenüber den bisherigen Vorrichtungen bzw. Verfahren besteht darin, daß zur Erzeugung eines künstlichen Partikelschleiers innerhalb der Probenbahn eine seitliche bzw. über der Probe oszillierend angeordnete Kanüle, Düse o.ä. mit relativ feiner Öffnung verwendet wird, durch die die Partikel bzw. eine Flüssigkeit (z. B. Wasser) in Form eines fadenförmigen Strahles austritt und welcher sich nach geringer Entfernung von der Öffnung (ca. 2-3 cm) in Tropfen auflöst. Der Durchmesser dieser Tropfen vergrößert sich dabei bis zum Wirkungsbereich innerhalb der Probenbahn etwa auf das Doppelte des ursprünglichen Strahldurchmessers. Besonders vorteilhaft ist dabei, daß der mittels Kanüle oder Düse erzeugte Strahl durch seine während des Betriebes ständig gesteuerte oszillierende Bewegung der zu untersuchenden Materialprobe definiert zugeordnet ist. Außerdem wird dadurch ein fächerartiger Partikelvorhang simuliert, der über die für die Einwirkung der Partikel ausgeblendeten Probenfläche gleichmäßig verteilt ist.

Gemäß weiterer Ausführung der Erfindung ist die ständig oszillierende Bewegung und Geschwindigkeit der Kanüle oder Düse bzw. des aus ihrer Öffnung austretenden Strahles innerhalb der Probenbahn variabel gesteuert, so daß die Dichte der auf die Probe einwirkenden Partikel vorgegeben werden kann. Die Anordnung der Steuerung ist dabei so getroffen, daß die Oszillationsbewegung und -Geschwindigkeit sowohl konstant gehalten werden kann, als auch variabel wählbar ist. Vorteilhafterweise erfolgt diese Steuerung je nach dem zu untersuchenden Probenmaterial durch ein vom rotierenden Arm drehzahlabhängiges Steuergetriebe oder einen unabhängigen Antrieb jeweils in Verbindung mit einer Kurvenscheibe. Sie hat den Vorteil, daß mit ihrer Hilfe die Amplitude der Oszillation von Kanüle oder Düse bzw. deren Öffnung genau auf den Probenhalter abgestimmt werden kann, wobei der Probenhalter größer als die Amplitude und diese wieder größer als die zu exponierende Fläche der Probe ist. Dadurch wird über derselben der geforderte homogene Fächer erreicht und eine Beschädigung bzw. Zerstörung des rotierenden Armes durch Aufprallen der Partikel außerhalb des Probenhalters vermieden.

Weitere erfinderische Merkmale bestehen darin, daß bei Verwendung von Flüssigkeiten (z. B. Wasser) in einer Kanüle, deren Querschnitt und Abstand von Kanülenöffnung bis Probenhalter so aufeinander abgestimmt ist, daß die Tropfenbildung bereits vor der Probenbahn stattfindet. Die Anordnung der Kanüle ist dabei so getroffen, daß der Abstand von Kanülenende bis Probenbahn veränderbar und die Kanüle selbst austauschbar ist. Dies hat den Vorteil, daß dadurch nicht nur das Aufschlagen einzelner Tropfen auf die Oberfläche der Probe gewährleistet ist, sondern auch deren Größe und damit Masse zusätzlich und unabhängig von der variablen Geschwindigkeit des rotierenden Armes veränderbar ist. Bei Verwendung von Festkörperpartikeln (z. B. Sand) wird anstelle der Kanüle eine Sandstrahldüse verwendet, die zur besseren Zuführung der Sandpartikel an der

Oberfläche ihres Konus mit rillenförmigen Ausnehmungen versehen ist, die mit dem Luftkanal in der Konusspitze an der trichterförmig erweiterten Düsenmündung zusammentreffen. Das Austreten des Sandstrahles wird durch einen vor der Düse angeordneten Verschuß gesteuert. Die besondere Ausführungsform der Sandstrahldüse hat den Vorteil, daß die bei Verwendung von Sand gefährdete Brückenbildung entfällt und der Durchsatz der Sandpartikel konstant gehalten wird. Dadurch ist der homogene Partikelfächer innerhalb der Probenbahn gewährleistet.

Zur Untersuchung der Oberflächenveränderung durch Verformung (Fließen, Walken) des Werkstoffes bei Einwirkung von mit hoher Geschwindigkeit aufprallenden feinsten staubförmigen Partikeln besteht ein weiteres Erfindungsmerkmal darin, daß in Richtung der Bewegungsbahn der Probe eine Öffnung angeordnet ist, durch welche die auf einem hinter ihr befindlichen Träger an seiner Frontseite in einer muldenförmigen Vertiefung lose liegenden und damit geschoßartig beschleunigten Partikel als Wolke austreten, wobei der Träger selbst an der Öffnung abgebremst wird. Die Beschleunigung des Trägers zusammen mit den Staubpartikel kann dabei, je nach Ausführung der Vorrichtung, mittels Gasdruck oder Federkraft erfolgen, wobei deren Auslösung mittels magnetischer Entriegelung erfolgt.

Hierbei ist von besonderem Vorteil, daß damit die Verformwirkung durch den Aufprall feinsten Partikel, deren Durchmesser in der Größenordnung von  $10^{-7}$  m ( $0,1 \mu$ ) liegen, an Werkstoffoberflächen untersucht werden kann und daß diese Partikel in die in der Vakuumkammer ( $< 1$  Torr) befindliche Probenbahn und auf die Probe gelangen, ohne daß sie vorher abgelenkt werden oder allzusehr zusammenbacken.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele beschrieben und anhand von Skizzen erläutert:

Fig. 1 zeigt einen in einer Vakuumkammer befindlichen rotierenden Arm, an dessen beiden Enden sich die Proben befinden und einer darüber oszillierend angeordneten Kanüle.

- Fig. 2 zeigt den rotierenden Arm in der Vakuumkammer gemäß Fig. 1 jedoch mit unter der Probe angeordneten Träger für die Beschleunigung feinsten Staubpartikel.
- Fig. 3 zeigt die Abwicklung einer Kurvenscheibe für die Oszillation bei Verwendung einer Kanüle oder Düse.
- Fig. 4 zeigt im Schnitt die Anordnung einer Probe mit Halterung am Armende eines rotierenden Armes.
- Fig. 5 zeigt eine Sandstrahldüse im Schnitt mit verschließbarer Austrittsöffnung.

In Fig. 1 wird eine Vakuumkammer 1 dargestellt, in der sich ein doppelseitiger rotierender Arm 2 gleicher Festigkeit befindet. An seinen in  $180^\circ$  gegenüberliegenden Enden 3, 3' sind die zu untersuchenden Proben 4, 4' mittels einer Halterung 5, 5' (siehe auch Fig. 4) befestigt. Der Arm 2 wird durch den Motor 6 über die Achse 7 angetrieben. Wegen der bei hohen Drehzahlen des rotierenden Armes 2 (bis ca. 24 000 U/min) und dabei an seinen Enden 3, 3' vorhandenen hohen Umfangsgeschwindigkeiten bis Mach 3 (ca. 1000 m/sec) auftretenden Luftwiderstandes, sowie die damit verbundenen Schalldrücke und Wärmebildung macht es erforderlich, daß die den rotierenden Arm 2 umgebende Kammer 1 während des Betriebes über den Stutzen 8 ständig evakuiert wird. Außerdem wird dadurch erreicht, daß die Partikel vor dem Aufprallen auf die Probe nicht vorzeitig abgelenkt werden oder zusammenbacken und dadurch eine Zerstörung des rotierenden Armes 2 bewirken.

Über dem rotierenden Arm 2 bzw. über der in seinem Armende 3, mittels Halterung 5 befestigten Probe 4 ist eine Kanüle 9 mit senkrecht zur Probenbahn 4 gerichteter Öffnung 10 oszillierend angeordnet. Die oszillierende Bewegung wird über den Schieber 11, der Rolle 12 und Kurvenscheibe 13 gesteuert. Die Feder 14 bewirkt dabei einen ständigen Kontakt während dem die beiden Elemente 12 und 13 aufeinander abrollen. Die vom Schieber 11 gehaltene Kanüle 9 ist über einen flexiblen Schlauch 15, der



Rohrleitung 16 und einem zwischengeschalteten Magnetventil 17 mit einem Vorratsgefäß 18 verbunden. Über der darin enthaltenen Flüssigkeit 19 (in der Regel Wasser) befindet sich ein Druckgaspolster 20, vorzugsweise Stickstoff.

Bei Betrieb der Vorrichtung wird mittels einer Schaltuhr (in der Darstellung nicht gezeigt) für ein vorgewähltes Zeitintervall das Magnetventil 17 geöffnet und das in dem Vorratsgefäß 18 befindliche druckbeaufschlagte Wasser 19 strömt über die Rohrleitung 16 und 15 in die Kanüle 9 und durch deren Austrittsöffnung 10 mit einer Austrittsgeschwindigkeit von ca. 10-20 m/sec in die Probenbahn 4. Dabei ist der zunächst aus der Öffnung 10 tretende Wasserstrahl 21 entsprechend dem Querschnitt der Kanüle 9 fadenförmig. Er löst sich nach kurzer Entfernung (ca. 2-3 cm) von der Öffnung 10 in einzelne Tropfen 22 auf, wobei sich deren Durchmesser bis zum Wirkungsbereich innerhalb der Probenbahn auf etwa dem doppelten des ursprünglichen Strahldurchmessers vergrößert. Um zu gewährleisten, daß der Wasserstrahl 21 bzw. die von diesem gebildeten Tropfen 22 die gesamte Probenfläche 4 überstreichen, ist es erforderlich, daß der Strahl 21 bzw. die Tropfen 22 eine bestimmte Geschwindigkeit haben. Dies wird durch das bereits erwähnte Druckgaspolster 20 erzielt. Außerdem wird damit erreicht, daß der Gasgehalt in den in die Vakuumkammer 1 gelangenden Wasserteilchen konstant bleibt. Für die Erosion ist das von besonderer Wichtigkeit, da sie vom Gasgehalt abhängig ist. Das so erzielte Überstreichen der Probenfläche 4 reicht jedoch noch nicht aus. Hierfür ist ein vollkommen homogener Fächer über die gesamte Breite der Probe 4 erforderlich. Ein derartiger Fächer wird mittels der bereits erwähnten Kurvenscheibe 13 erreicht. Sie steuert den Schieber 11 zusammen mit der Kanüle 9 und dem aus ihrer Öffnung 10 austretenden Strahl 21 bzw. die von diesem gebildeten Tropfen 22 quer zur Probenbahn 4 mit einer oszillierenden Bewegung von ca. 2 Hz. Dabei ist die Amplitude dieser Oszillation größer als

die zu exponierende Fläche 23 (siehe Fig. 4) der Probe 4. Dadurch wird der Bereich, in dem die Amplitude ihren Minimalwert erreicht und die erforderliche konstante Geschwindigkeit für einen homogenen Fächer nicht aufrecht erhalten werden kann, außerhalb der Fläche 23 gelegt.

Werden für die Untersuchung der Erosion anstelle von Flüssigkeiten Festkörperpartikel, insbesondere Sand, verwendet, so wird die Kanüle 9 gegen eine Sandstrahldüse 24 ausgetauscht. Anordnung sowie Ablauf der Untersuchung ist gemäß dem schon beschriebenen. Lediglich die Ausführung der Sandstrahldüse 24 ist bezüglich des Sand- und Luftstrahles modifiziert (siehe unter Fig. 5). Der durch Erosion verursachte Materialverlust kann dann durch Vergleichswägung ermittelt werden.

In Fig. 2 ist der Aufbau von Vakuumkammer 1, rotierenden Arm 2, seinen Enden 3, 3', der daran befestigten Proben 4, 4', dem Motor 6, Achse 7 und Stützen 8 sowie Rohrleitung 16 und Magnetventil 17 gemäß dem schon in Fig. 1 beschriebenen. Gegenüber diesem zeigt das hier dargestellte Ausführungsbeispiel die Anordnung eines Trägers 25 für die Beschleunigung feinsten Staubpartikel 26 (Durchmesser ca.  $10^{-7}$  m = 0,1  $\mu$ ). Zunächst liegen diese Partikel 26 angehäuft in einer an der Stirnfläche des Trägers 25 befindlichen Mulde 27. Durch Öffnen des Magnetventils 17 gelangt Preßluft über die Rohrleitung 16 an den kolbenartigen Träger 25. Dieser wird von ihr entlang der Zylinderwand 28 an die mit einer Bohrung 29 versehene Stirnwand 30 geschleudert und dabei abgebremst. Die in der Mulde 27 befindlichen Partikel 26 gelangen dabei durch die Bohrung 29 in Form einer homogenen Wolke 26' in Richtung Probenbahn 4. Im Moment des Durchganges der Probe 4 durch die Wolke 26' wirken die darin enthaltenen Partikel verformend auf ihre Oberfläche ein. Die durch deren Aufprall verursachte Verformung der Material- bzw. Probenoberfläche ist durch zahlreiche Krater verschiedener Dimensionen gekennzeichnet. Durch mikroskopisches Auszählen der Krater kann damit die mittlere Staubbichte festgestellt werden.

In Fig. 3 ist die Abwicklung 31 der in Fig. 1 dargestellten und beschriebenen Kurvenscheibe 13 gezeigt, wie sie für die Oszillation der Kanüle 9 oder Sandstrahldüse 24 (siehe Fig. 1 bzw. Fig. 5) verwendet wird. Aus der Abwicklung 31 ist die Amplitude für die Oszillationsbewegung ersichtlich. Dabei kennzeichnet der aufsteigende Ast vom  $0^{\circ}$  -  $180^{\circ}$  die Bewegung in die eine Richtung und der absteigende Ast von  $180^{\circ}$  -  $360^{\circ}$  die andere Richtung. Im Bereich der beiden Geraden g herrscht konstante Bewegungsgeschwindigkeit, innerhalb dieser, im Bereich f, die zu exponierende Fläche 23 (siehe Fig. 1 bzw. Fig. 4) liegt.

In Fig. 4 ist das Armende 3 eines rotierenden Armes 2 im Schnitt dargestellt, aus der die Anordnung der Probe 4 zusammen mit den beiden Teilen der Halterung 5 und 5' ersichtlich ist. Die zu exponierende Fläche 23 der Probe 4, die vorzugsweise aus runden Plättchen von ca. 16,8 mm Durchmesser besteht, stützt sich dabei an der Stirnseite des Armendes 3 an einer Ringblende 32 ab. Letztere gewährleistet mit ihrer feinen Öffnung 33 die genaue Definition der zu exponierenden Fläche 23 und schützt mit ihrer Ringfläche 34 das Armende 3 vor Beschädigung durch Aufprall von Partikeln 22 bzw. 26. Außerdem wird damit aus dem gesamten Partikelfächer nur der homogene Anteil ausgeblendet, der auf die Fläche 23 gelangen soll.

Der in Fig. 5 dargestellte Schnitt durch die Sandstrahldüse 24 wird, wie bereits unter Fig. 1 erwähnt, bei Erosionsuntersuchung mit Festkörperpartikel, vorzugsweise Sand, verwendet. Ihre Anordnung und Funktionsweise innerhalb der Vakuumkammer 1 (siehe Fig. 1) ist unter Fig. 1 ebenfalls schon diskutiert.

Die im Zylinder 35 befindlichen Sandpartikel 36 gelangen über die an der Oberfläche des Konus 37 enthaltenen drei um  $120^{\circ}$  versetzt angeordneten rillenförmigen Aussparungen 38 bis vor

die trichterförmig erweiterte Düsenmündung 39. Der hier über die Leitung 40, Kanal 41 und Trichter 42 austretende Preßluftstrahl reißt die Sandpartikel 36 in die Düsenmündung 39, von wo sie über den Kanal 43 durch die Düse 44 als Sandstrahl 45 austreten und in die Probenbahn 4 (siehe Fig. 1 bzw. Fig. 2) gelangen. Die gefürchtete Brückenbildung in oder nahe der Düsenmündung 39 wird während der Zuführung der Sandpartikel 36 durch die am Konus 37 angeordneten Aussparungen 38 weitgehendst vermieden. Eine dennoch mögliche Brückenbildung unterbindet hier jedoch der auf die Partikel 36 auftreffende Preßluftstrahl. Das Austreten des Sandstrahles 45 aus der Düse 44 wird mittels eines Hubmagneten gesteuert (in der Fig. als Richtungspfeil dargestellt). Dabei wirkt die Zugstange 46 über das Gelenk 47 auf den in der Achse 48 gelagerten Kipphebel 49, an dessen unterem Ende ein Verschuß 50 angeordnet ist und der beim Einschalten des Magneten den Sandstrahl 45 aus der Düse 44 frei gibt. Wird der Magnet abgeschaltet, so bewirkt die Feder 51 den gegenläufigen Vorgang und die Düse 44 ist verschlossen. Synchron dazu erfolgt die Steuerung der Preßluftzufuhr über ein Magnetventil (in der Fig. gleichfalls als Richtungspfeil dargestellt).

16. März 1970  
Kr/kn

109842/0081

ORIGINAL INSPECTED

**P a t e n t a n s p r ü c h e :**

1. Vorrichtung zur Untersuchung der Erosionswirkung an Werkstoffen bei Einwirkung von mit hoher Geschwindigkeit aufprallenden Partikeln (z.B. Wassertropfen, Sand), bestehend aus einem die Probe tragenden rotierenden Arm, dadurch gekennzeichnet, daß eine das Austreten der Partikel (22 bzw. 36) in Form eines fadenförmigen Strahles (21) bewirkende Öffnung (10) (Kanüle, Düse o.Ä.) quer zur Bewegungsrichtung der Probe (4) während des Betriebes ständig oszillierend angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch konstante Oszillationsgeschwindigkeit der Öffnung (10).
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2, gekennzeichnet durch wählbare Oszillationsgeschwindigkeit der Öffnung (10).
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillationsgeschwindigkeit der Öffnung (10) durch Steuergetriebe drehzahlabhängig vom rotierenden Arm (2) gesteuert wird.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Oszillationsgeschwindigkeit bzw. Oszillation der Öffnung (10) durch Verwendung einer Kurvenscheibe (13) erfolgt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillation bzw. Oszillationsgeschwindigkeit der Öffnung (10) durch einen unabhängigen Antrieb erzeugt wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der Oszillation größer ist als die zu exponierende Probe (4).
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der die Probe (4) aufnehmenden Probenhalter (5) größer ist als die Amplitude der Oszillation.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung von Flüssigkeiten in einer Kanüle (9) deren Querschnitt und Abstand von einer Öffnung (10) bis Probenbahn (4) so aufeinander abgestimmt ist, daß die Tropfenbildung (22) bereits vor der Probenbahn (4) stattfindet.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand von Kanülenöffnung (10) bis Probenbahn (4) veränderbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanüle (9) austauschbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikelstrahldüse, vorzugsweise eine Sandstrahldüse (44) an der Oberfläche des Konus (37) mit rillenförmigen Ausnehmungen (38) versehen ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die rillenförmigen Ausnehmungen (38) mit dem Trichter (42) in der Konusspitze (37) an der trichterförmigen Düsenmündung (39) zusammentreffen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Austritt des Partikelstrahles, vorzugsweise Sandstrahles (45), durch einen vor der Düse (44) angeordneten Verschuß (50) gesteuert wird.
15. Vorrichtung zur Untersuchung der Oberflächenveränderung durch Verformung (Fließen, Walken) des Werkstoffes bei Einwirkung von mit hoher Geschwindigkeit aufprallenden feinsten staubförmigen Partikeln, dadurch gekennzeichnet, daß in Richtung der Bewegungsbahn der Probe (4) eine Bohrung (29) angeordnet ist, durch die die auf einem hinter ihr befindlichen Träger (25) an seiner Frontseite in einer muldenförmigen Vertiefung lose liegenden und damit geschoßartig beschleunigten Staubpartikel (26) als Wolke (26') austreten, wobei der Träger (25) vor der Bohrung (29) abgebremst wird.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (25) mittels Gasdruck beschleunigt wird.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Träger (25) mittels Federkraft beschleunigt wird.
18. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16 und 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Auslösung des Gasdruckes und bzw. oder der unter Vorspannung stehender Feder (51) mittels magnetischer Entriegelung erfolgt.

16. März 1970

Kr/kp  


15

# Leerseite





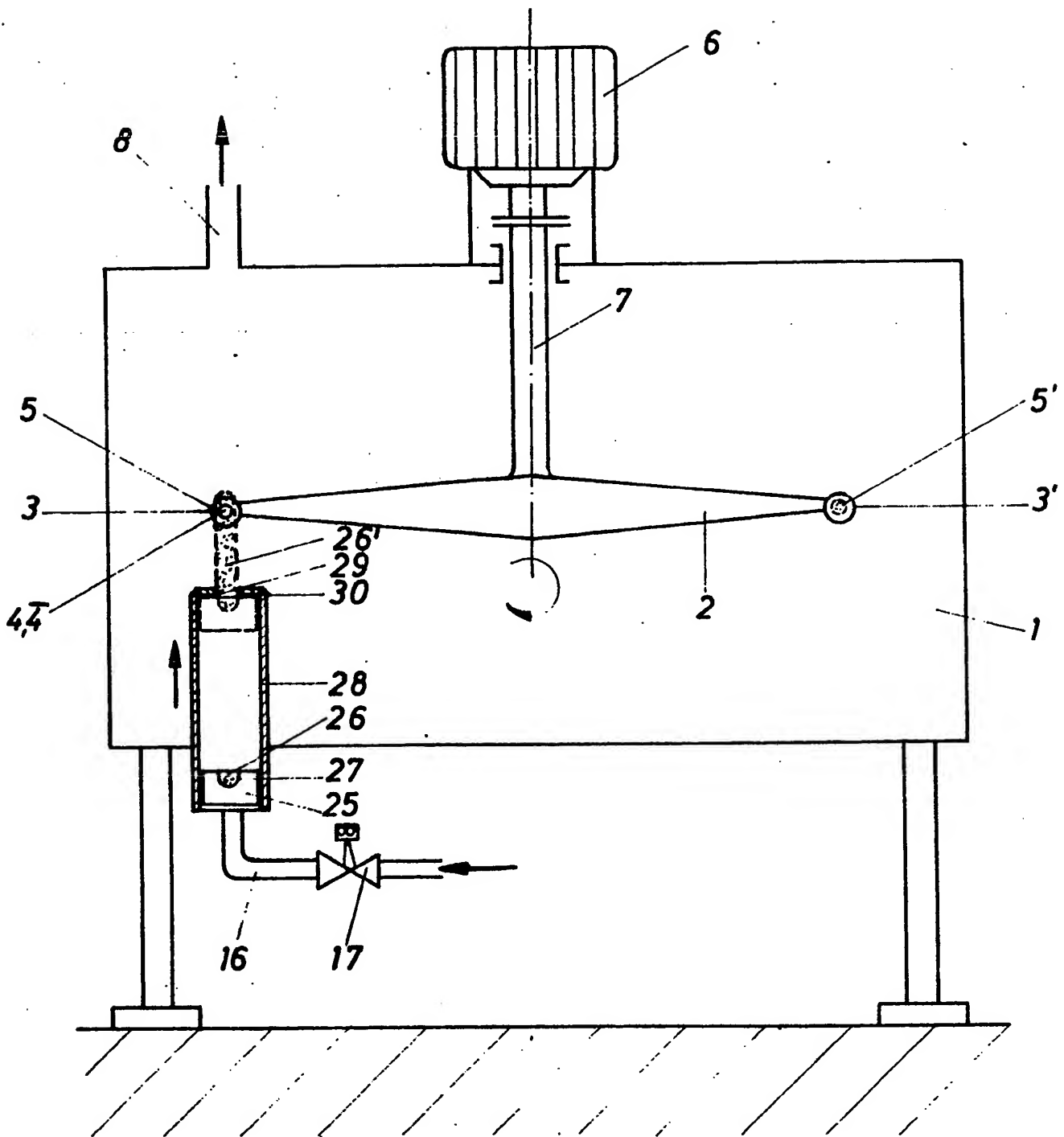


Fig. 2

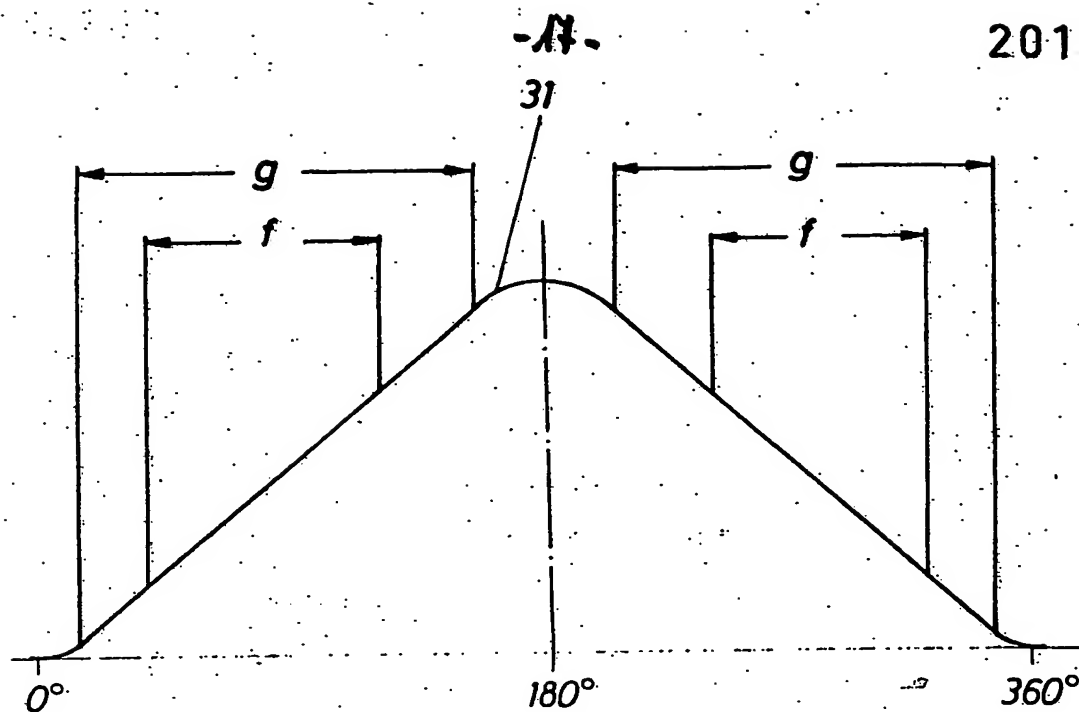


Fig. 3

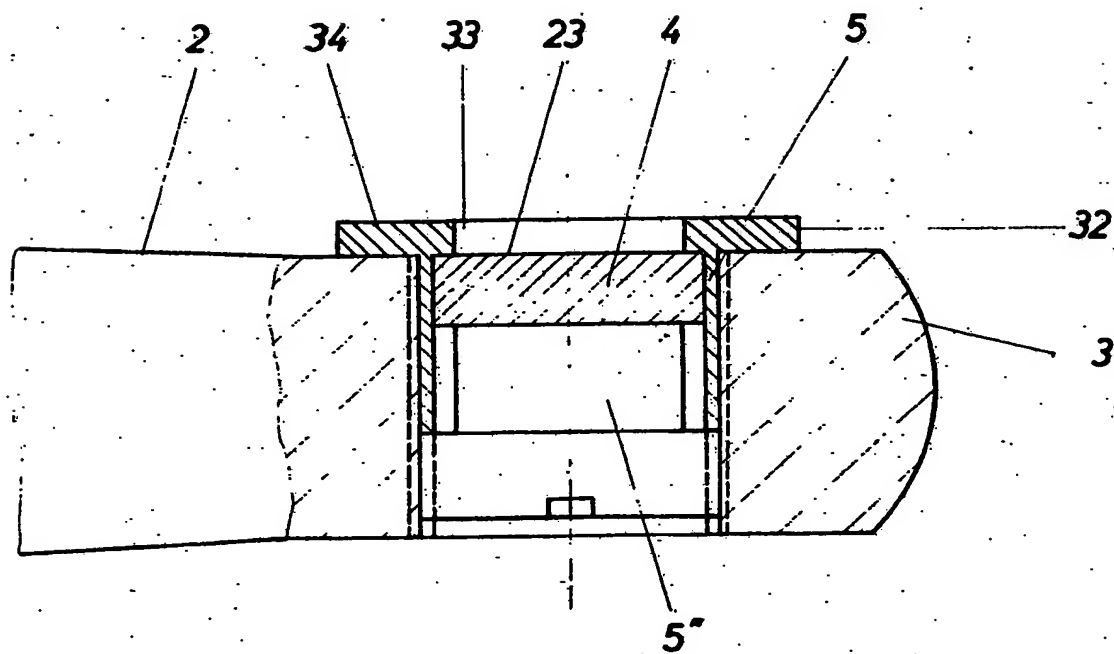


Fig. 4

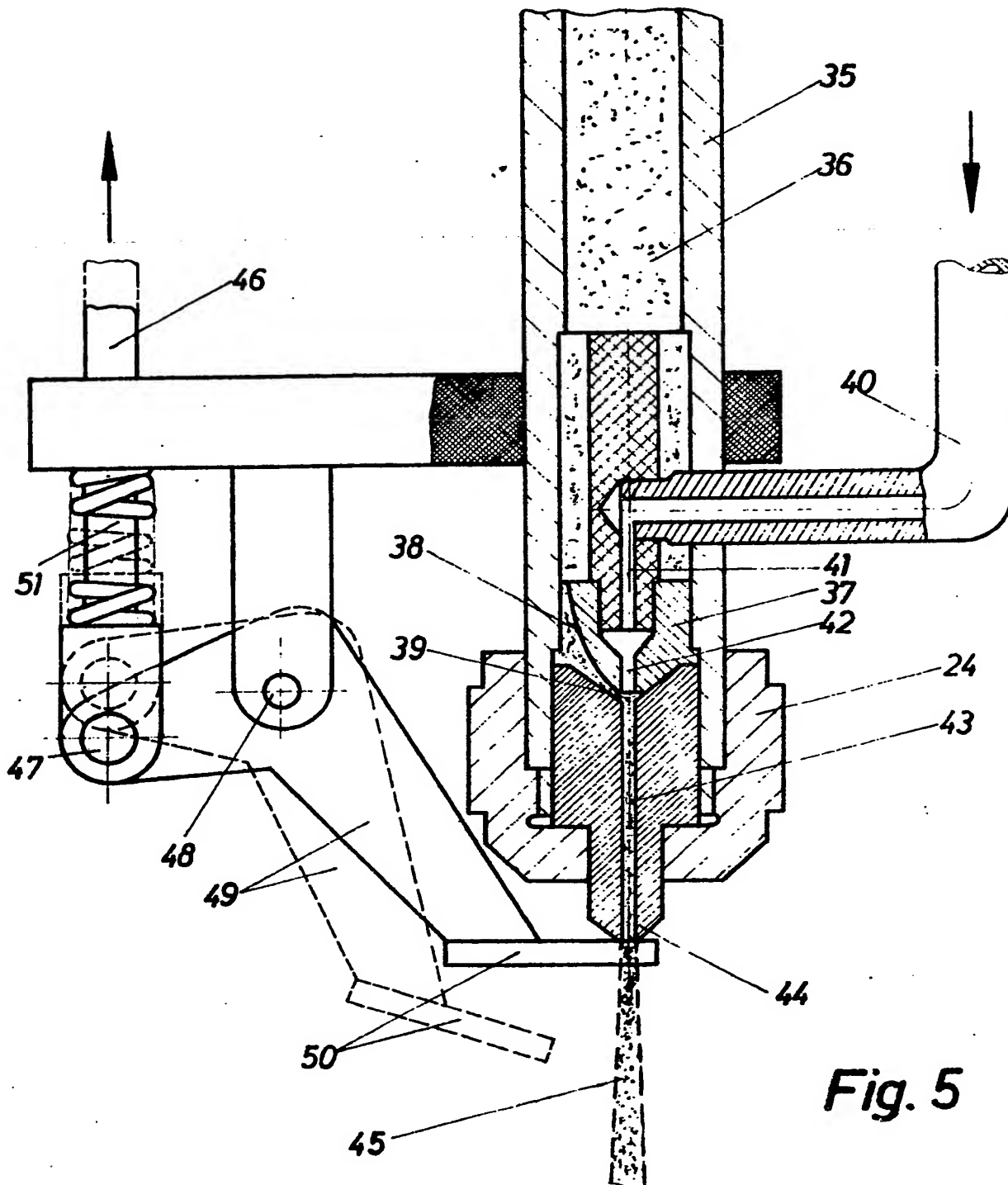


Fig. 5